

**STUDI PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING (FSW)*  
PADA ALUMINIUM AA2024 DENGAN BAJA KARBON SS400  
MENGUNAKAN VARIASI *FEED RATE* 30 <sup>MM</sup>/MENIT,  
40 <sup>MM</sup>/MENIT, DAN 50 <sup>MM</sup>/MENIT**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata 1  
pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**KHOIRUL HUDA**

**D 200 160 254**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA  
2018**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**STUDI PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING (FSW)*  
PADA ALUMINIUM AA2024 DENGAN BAJA KARBON SS400  
MENGUNAKAN VARIASI *FEED RATE* 30 <sup>MM</sup>/MENIT,  
40 <sup>MM</sup>/MENIT, DAN 50 <sup>MM</sup>/MENIT**

**PUBLIKASI ILMIAH**

Oleh:

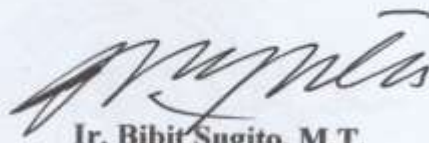
KHOIRUL HUDA

D200 160 254

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen

Pembimbing



Ir. Bibit Sugito, M.T.

NIK. 578

## HALAMAN PENGESAHAN

### STUDI PENGELASAN *FRICTION STIR WELDING (FSW)* PADA ALUMINIUM AA2024 DENGAN BAJA KARBON SS400 MENGUNAKAN VARIASI *FEED RATE* 30 <sup>MM</sup>/MENIT, 40 <sup>MM</sup>/MENIT, DAN 50 <sup>MM</sup>/MENIT

Oleh:

KHOIRUL HUDA

D200 160 254

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji

Fakultas Teknik


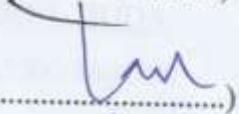

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Pada Hari Selasa, 16 Oktober 2018

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji :

1. Ir. Bibit Sugito, M.T.  
(Ketua Dewan Penguji)
2. Tri Widodo Besar R., S.T., M.T., Ph.D.  
(Sekertaris Dewan Penguji)
3. Patna Partono, S.T., M.T.  
(Anggota Dewan Penguji)

  
(.....)  
  
(.....)  
  
(.....)

Dekan,

  
  
Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D., IPM

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya diatas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 18 Oktober 2018

Penulis



**KHOIRUL HUDA**

NIM. D200 160 254

**STUDI PENGELASAN *FRICITION STIR WELDING* (FSW)  
PADA ALUMINIUM AA2024 DENGAN BAJA KARBON SS400  
MENGUNAKAN VARIASI *FEED RATE* 30 <sup>MM</sup>/MENIT,  
40 <sup>MM</sup>/MENIT, DAN 50 <sup>MM</sup>/MENIT**

**Abstrak**

*Friction Stir Welding* (FSW) adalah proses pengelasan memanfaatkan panas akibat putaran dari *tool* yang bergesekan dengan logam induk di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi *feed rate* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro pada sambungan logam tak sejenis antara Aluminium AA2024 dan Baja Karbon SS400 dengan ketebalan 3mm.

Proses FSW menggunakan mesin *milling* dengan jenis sambungan las *butt joint*. Kecepatan putaran konstan *tool* sebesar 1500 rpm. Sudut kemiringan *tool* adalah 3°. Variasi parameter *feed rate* adalah 30 mm/menit, 40 mm/menit, dan 50 mm/menit. Pengujian spesimen lasan meliputi, uji tarik, uji kekerasan makro, dan uji struktur mikro.

Hasil penelitian menunjukkan pada *feed rate* 30 mm/menit memiliki kekuatan tarik tertinggi yaitu sebesar 18,6 Mpa yang dipengaruhi oleh temperatur yang dihasilkannya. Nilai kekerasan *weld nugget* dipengaruhi oleh senyawa *Intermetallic* Fe<sub>x</sub>Al<sub>y</sub> dan nilai kekerasan tertingginya sebesar 208,021 HVN pada *feed rate* 30 mm/menit. Struktur mikro pada daerah HAZ mengalami *grain growth* akibat temperatur yang diterima, sedangkan pada *weld nugget* menunjukkan tampilan struktur mikro yang rapat.

**Kata kunci:** FSW, *feed rate*, sifat mekanis, kekuatan tarik, nilai kekerasan.

**Abstract**

*Friction Stir Welding* (FSW) is the welding process uses heat due to rotation of the tool which rubs against the base metal under large axial pressure at the welding area. The aim of \* research is to find out the effect variation of feed rate on mechanical characteristic and micro structure on dissimilar metals joint between AA2024 Aluminium and SS400 Carbon Steel with 3mm thickness.

The welding process uses a milling machine with a butt joint connection type. The constant speed of rotation tool is 1500 rpm. The tilt angle tool is 3°. variations of feed rate parameters are 30 mm/min, 40 mm/min, and 50 mm/min. The welded spesiment tests include tensile test, macro hardness test, and micro structure test.

The results showed that the feed rate 30 mm/min has the highest tensile strength of 18.6 Mpa that is influenced by the temperature produced by feed rate. The hardness value weld nugget is influenced by the Intermetallic compound Fe<sub>x</sub>Al<sub>y</sub>

*and the highest hardness value in the weld nugget is 208.021 HVN in 30mm/min feed rate. The micro structure in the HAZ area is grain growth due to the received temperature, while on the weld nugget shows a tight micro structure picture.*

**Keywords:** FSW, feed rate, mechanical properties, tensile strength, hardness value

## **1. PENDAHULUAN**

Perkembangan teknologi semakin pesat terutama pengerjaan logam menuntut adanya peningkatan dari desain, rancangan struktur yang ringan dan kuat. Struktur seperti ini banyak dibutuhkan pada industri otomotif, kedirgantaraan dan perkapalan.

*Friction Stir Welding* (FSW) adalah proses pengelasan dengan memanfaatkan panas akibat putaran dari tool yang bergesekan dengan logam induk secara terus menerus di bawah tekanan aksial yang besar pada daerah pengelasan.

*Friction Stir Welding* (FSW) sering diaplikasikan pengelasan dissimilar logam. Kelemahan saat proses pengelasan FSW terjadi pada sambungan las yang mengalami penurunan tegangan tarik akibat proses rekristalisasi di nugget zone selama proses pengelasan berlangsung.

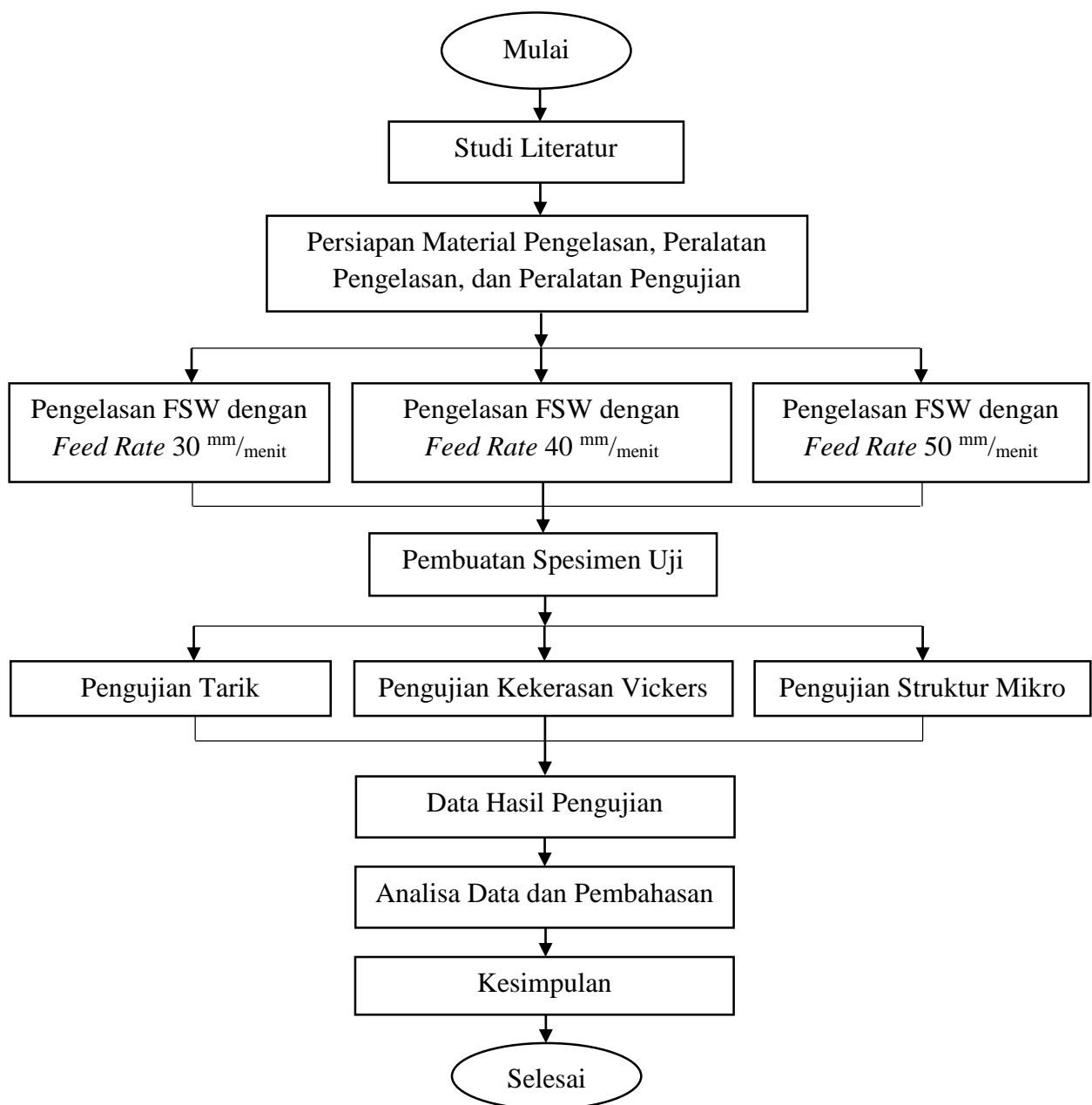
*Friction Stir Welding* (FSW) memperhatikan beberapa parameter, seperti : putaran *tool* (*rotational speed*), kecepatan pengelasan (*welding speed*), kedalaman penetrasi *tool* (*tool deep plunge*), sudut kemiringan *tool* terhadap benda kerja, dan bentuk/profil dari pin. Pemilihan dari parameter FSW yang tepat dapat meningkatkan kekuatan sambungan dan meminimalisir adanya cacat lasan.

Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh hasil FSW pada sambungan *dissimilar* logam tanpa penambahan perlakuan panas terhadap kekuatan tarik, kekuatan kekerasan, dan foto struktur mikro hasil pengelasan FSW. Dari penelitian ini, penulis berharap akan mendapat kesimpulan mengenai sifat mekanik, meliputi kekuatan tarik, kekuatan kekerasan, dan foto struktur mikro pengelasan FSW material Aluminium AA 2024 dengan Baja Karbon SS400.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Diagram Alir Penelitian

Dalam penelitian ini, telah disusun beberapa tahapan yang dijelaskan melalui diagram alir sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## 2.2 Alat dan Bahan Penelitian

### 2.2.1 Bahan Penelitian



Gambar 2. AA2024



Gambar 3. SS400

### 2.2.2 Alat Penelitian



Gambar 4. Pin



Gambar 5. Termokopel



Gambar 6. *Caliper*



Gambar 8. Gergaji



Gambar 9. Kikir



Gambar 7. Mesin *milling*



Gambar 10. Alat Uji Tarik





Gambar 11. Alat Uji Kekerasan



Gambar 12. Alat Uji Struktur Mikro

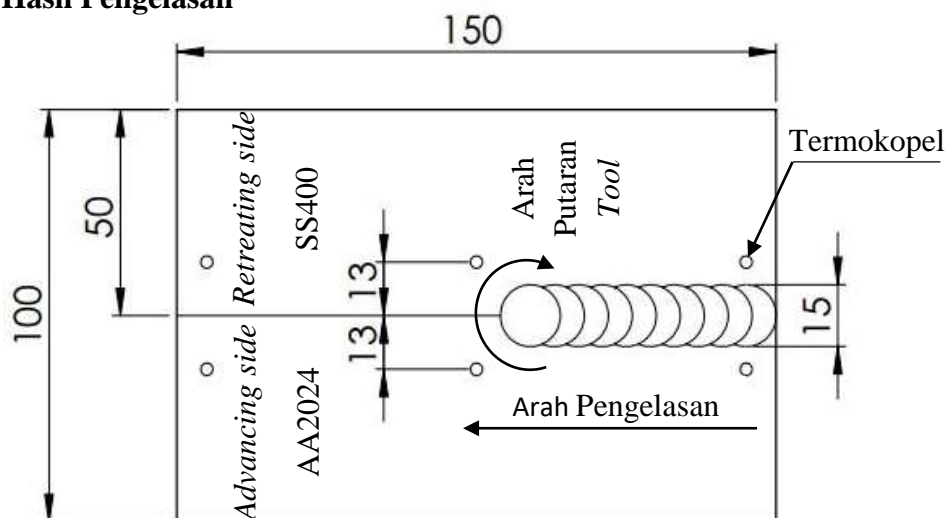
### 2.3 Proses Pengelasan *Friction Stir Welding*

Proses pengelasan menggunakan mesin *milling* Acirea AS-1. Parameter yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecepatan putaran *tool* 1500 rpm, dengan variasi *feed rate* 30 mm/menit, 40 mm/menit, dan 50 mm/menit dan kemiringan *tool* (*tilt angel*) sebesar  $3^\circ$  terhadap sumbu x mengarah ke arah las-lasan.

Pelat aluminium paduan seri AA2024 diletakkan pada sisi *advancing*, sedangkan pelat Baja Karbon SS400 diletakkan pada sisi *retreating*. Pengelasan dilakukan dengan tipe sambungan *butt joint*.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Pengelasan

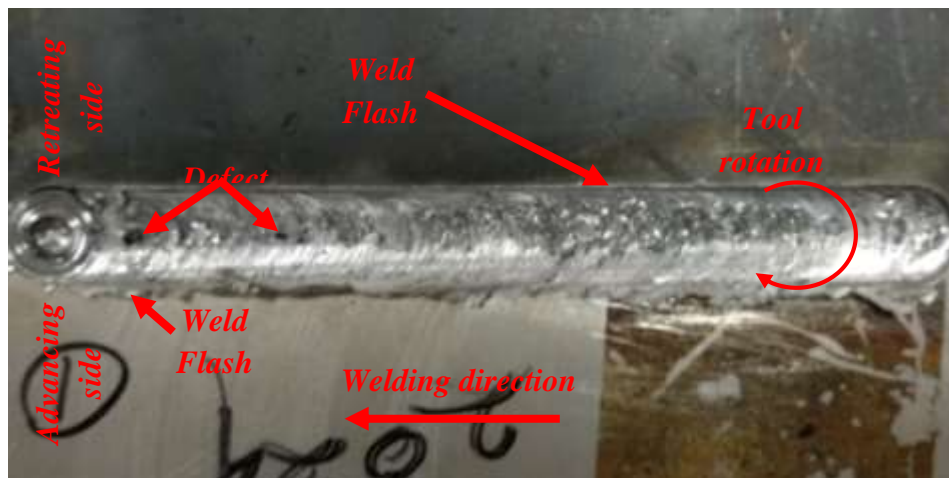


Gambar 13. Susunan Meja Pengelasan FSW dalam ukuran mm

Penelitian FSW menggunakan mesin *milling* universal dengan merk Acirea AS-1 dan parameter yang digunakan disesuaikan dengan kemampuan mesin. Pengelasan dilakukan pada 3 variasi *feed rate*, yaitu: 30 mm/menit, 40 mm/menit, dan 50 mm/menit. Yang mana untuk hasil setiap proses pengelasan akan dijelaskan sebagai berikut:

1) Percobaan pada spesimen I

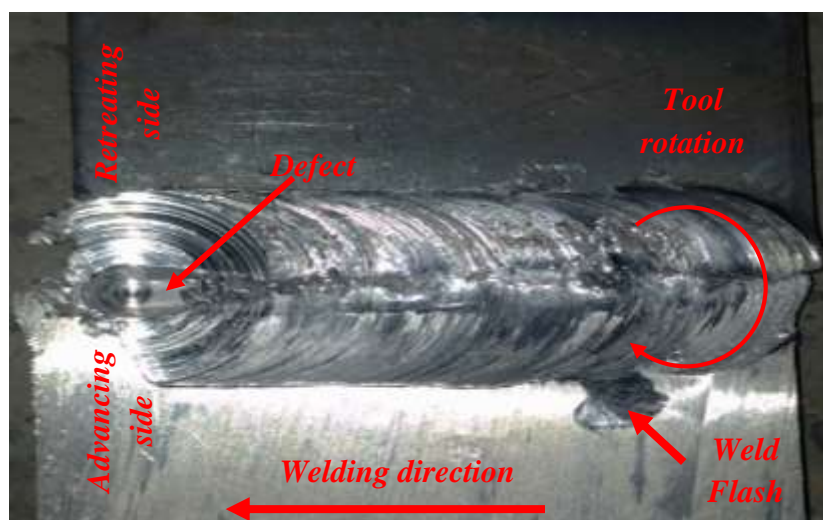
Proses pengelasan menghasilkan sambungan las seperti pada gambar 14.



Gambar 14. Hasil pengelasan pada *feed rate* 30 mm/menit

2) Percobaan pada spesimen II

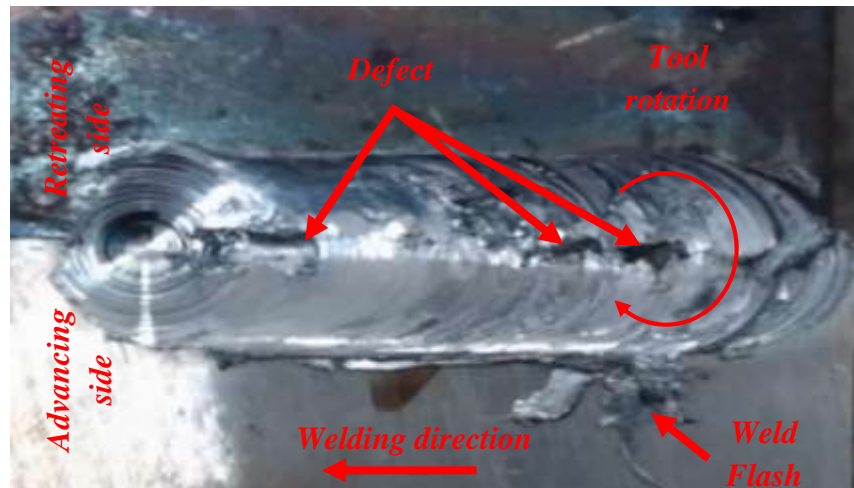
Proses pengelasan menghasilkan sambungan las seperti pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil pengelasan pada *feed rate* 40 mm/menit

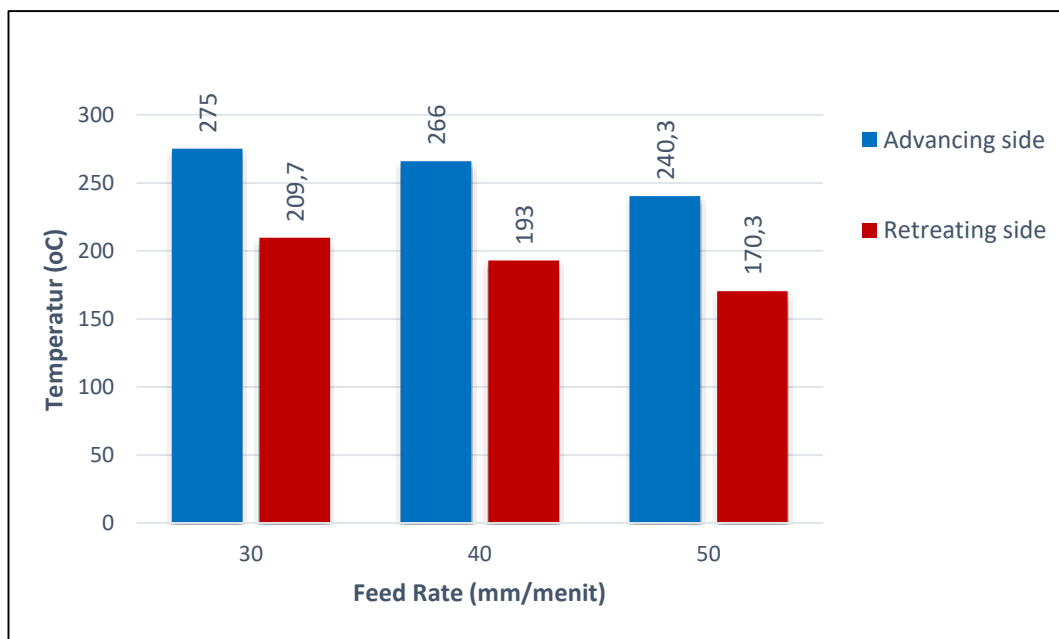
3) Percobaan pada spesimen III

Proses pengelasan menghasilkan sambungan las seperti pada gambar 16.



Gambar 16. Hasil pengelasan pada *feed rate* 50 mm/menit

### 3.2 Temperatur Pengelasan FSW

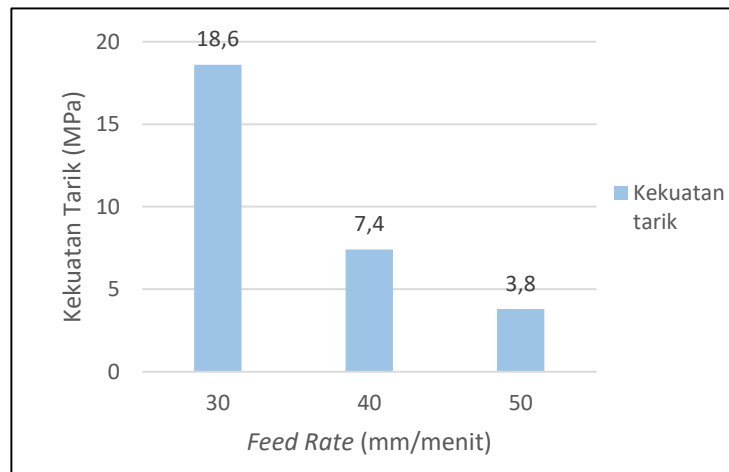


Gambar 17. Diagram hubungan *feed rate* dan temperatur

Gambar 17 menunjukkan temperatur mengalami penurunan baik pada bagian *advancing side* dan *retreating side*. Pada bagian *advancing side* memiliki temperatur lebih tinggi dibanding pada *retreating side*. Hal ini dikarenakan gaya gesek antara pin dan *base metal* disertai perlawanan terhadap arah laju meja *milling*.

Arah laju meja berlawanan dengan arah *welding direction*. Temperatur *retreating side* lebih kecil karena arah gesekan pin dan *base metal* searah arah laju meja *milling*.

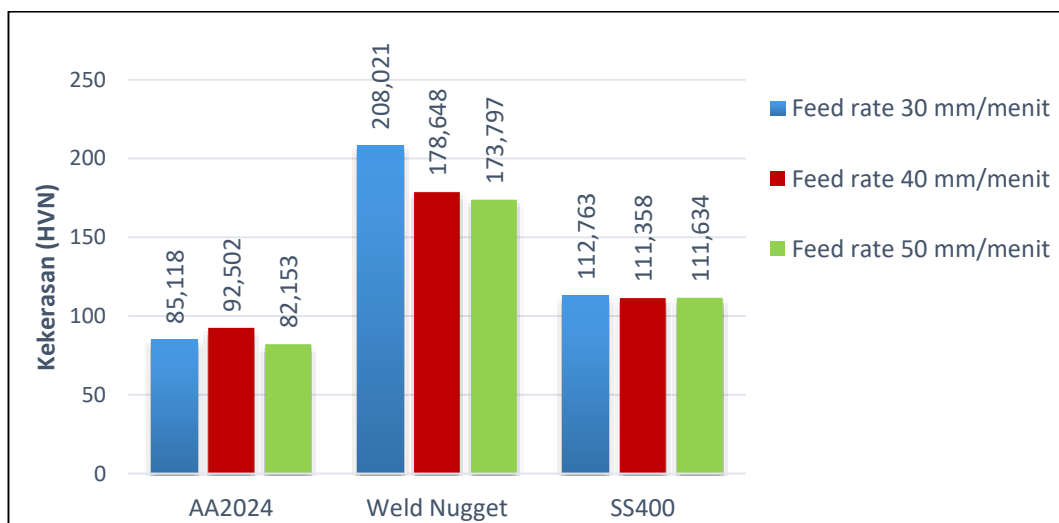
### 3.3 Kekuatan Tarik



Gambar 18. Hubungan kekuatan tarik dengan *feed rate*

Dari data pengujian tarik menunjukkan bahwa kekuatan tarik pada setiap *feed rate* memiliki hasil yang berbeda. Hal ini dikarenakan beberapa faktor, yaitu temperatur pengelasan dan lamanya proses pengadukan yang terjadi pada proses pengelasan.

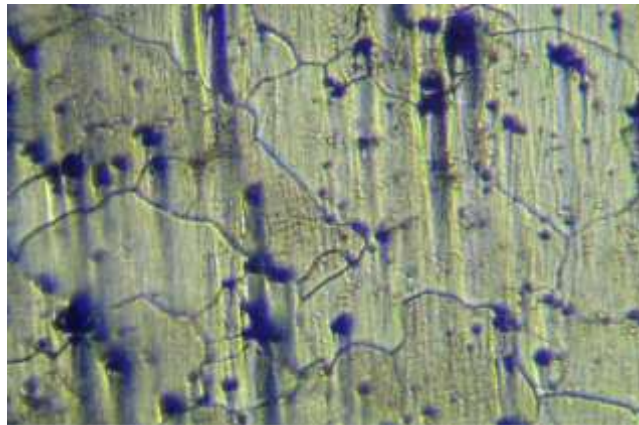
### 3.4 Pengujian Kekerasan



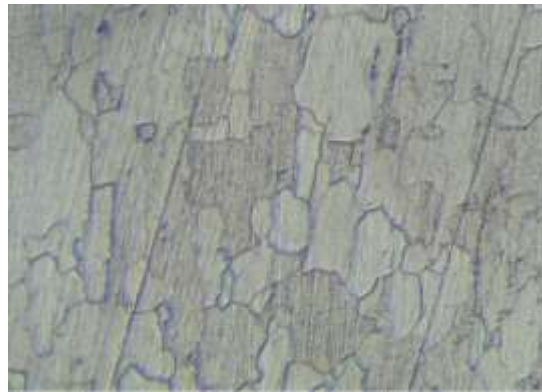
Gambar 19. Nilai kekerasan rata-rata pada setiap bagian spesimen

Dari diagram di atas menunjukkan nilai kekerasan *weld nugget* pada setiap variasi *feed rate* memiliki hasil yang lebih tinggi daripada kedua *base metal*. Perbedaan ini dikarenakan pencampuran antara partikel Al dengan Fe yang disebabkan oleh adukan *tool*. Nilai kekerasan *weld nugget* lebih besar dibandingkan *base metal*.

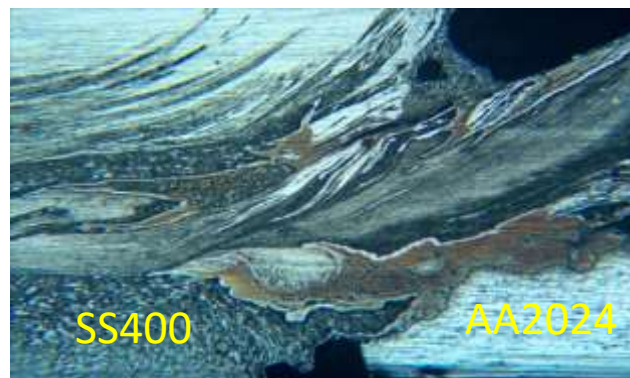
### 3.5 Analisis Struktur Mikro



Gambar 19. Struktur mikro pada *base metal* AA 2024 dengan perbesaran 200X



Gambar 20. Struktur mikro pada *base metal* SS400 dengan perbesaran 200X



Gambar 21. Struktur mikro pada *weld nugget* dengan perbesaran 100X

Hasil foto pada daerah *base metal* dan *weld nugget* menghasilkan tampilan yang berbeda. Pada *base metal* terlihat bahwa tidak terjadi perubahan tampilan struktur mikro. Pada daerah *weld nugget* menunjukkan tampilan struktur mikro yang kecil dan rapat. *Feed rate* tidak secara signifikan mempengaruhi ukuran butiran.

## **4. PENUTUP**

### **4.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa data yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan antara lain:

- 1) Semakin cepat *feed rate* yang digunakan akan menurunkan temperatur pengelasan.
- 2) Semakin cepat *feed rate* yang digunakan, maka kekuatan tariknya semakin menurun. Nilai kekerasan material semakin turun ketika *feed rate* semakin naik.
- 3) Hasil Pengamatan struktur mikro menunjukkan *feed rate* mempengaruhi struktur mikro sambungan las antara AA2024 dengan SS400. Hasil foto pada daerah *base metal* dan *weld nugget* menghasilkan tampilan yang berbeda. Pada *weld nugget* menunjukkan tampilan struktur mikro yang rapat.

### **4.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian pengelasan FSW yang telah dilakukan, penulis menyarankan beberapa hal antara lain:

- 1) Menggunakan mesin dan alat khusus untuk pengelasan FSW.
- 2) Mempelajari sifat material *tool* yang akan digunakan.
- 3) Mempelajari sifat material yang akan digunakan sebagai *base metal*.
- 4) Menentukan parameter pengelasan agar waktu pengelasan lebih cepat dan memperoleh hasil yang tetap baik.
- 5) Penelitian ini masih dapat dilanjutkan.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Society for Metals Handbook Committee. 2004. *Welding, Brazing, and Soldering*, Volume 06. ASM International. The Materials Information Company.
- American Society for Metals Handbook Committee. 2004. *Metallography and Microstructures*, Volume 09. ASM International. The Materials Information Company.
- Chen, Thaiping. 2009. *Process Parameters Study on FSW Joint of Dissimilar Metals for Aluminium-Steel*. Fortune Institute of Technology. Kaohsiung.
- Connor, Leonard P. 1987. *Welding Technology*. Miami : American Welding Society.
- Dehghani, M., Amadeh, A., dan Mousavi, S.A.A.A. 2013. *Investigations on Effect of Friction Stir Welding Parameters on Intermetallic and Defect Formation in Joining Aluminium Alloy to Mild Steel*. University of Tehran. Iran
- Hsieh, Ming-Jer. 2016. *Friction Stir Spot Fusion Welding of Low-Carbon Steel to Aluminum Alloy*. National Sun Yat-Sen University. Taiwan.
- Jiang, W.H., dan Kovacevic, R. 2004. *Feasibility Study of Friction Stir Welding of 6061-T6 Aluminium Alloy with AISI 1018 Steel*. Southern Methodist University. Texas.
- Kimapong, Kittipong dan Watanebe, Takehiko. 2005. *Lap Joint of A5083 Alluminium Alloy and SS400 Steel by Friction Stir Welding*. Japan.
- Lohwazer, Daniel dan Zhan Chen. 2010. *Friction Stir Welding*. India : Replika Press Pvt Ltd.
- Mishra, Rajiv S dan Mahoney, Murray W. 2007. *Friction Stir Welding and Processing*. ASM Internasional.

- Riyatno, Sapto. 2014. *Studi Sifat Mekanik Pada Sambungan Las Friction Stir Welding Logam Tak Sejenis Antara ST.37 dan Aluminium AA 5052 dengan Pin Conus dan Preheat*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Romadhona, Ilham. 2018. *Studi Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Pada AA 1100 dengan Fe Menggunakan Variasi Feed rate 25 mm/menit, 30 mm/menit, dan 40 mm/menit*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Sugito, B., Anggono, A. D., dan Prasetyana, D. (2016). *Pengaruh Kedalaman Pin (Depth Plunge) Terhadap Kekuatan Sambungan Las pada Pengelasan Gesek AL 5083*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Surdia, Tata dan Saito, Shinroku. 1999. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: PT Pradya Paramita.
- Tanaka, Tsutomu, Hirata, Tomotake, dkk. 2015. *Analysis of Material Flow in the Sheet Metal Forming of Friction-Stir Welds on Alloys of Mild Steel and Aluminium*. Technology Research Institute of Osaka Prefecture. Osaka.
- Watanabe, Takehiko, Takayama, Hirofumi, dan Yanagisawa, Atshusi. (2006). *Joining of Aluminium Alloy to Steel by friction Stir Welding*. Niigata University. Niigata.
- Waratama, Kartiko E. (2018). *Studi Pengelasan Friction Stir Welding Pada AA 7075 dengan Fe Menggunakan Variasi Feed rate 30 mm/menit, 40 mm/menit, dan 50 mm/menit*. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Wirjosumarto, Harsono dan Okumura, Toshie. 2000. *Teknologi Pengelasan Logam*. Jakarta : PT Pradya Paramita.